



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Delrapport C for KONMAT 2

bøjningsarbejdslinie for stål

Hansen, Lars Pilegaard

Publication date:
1997

Document Version
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Hansen, L. P. (red.) (1997). *Delrapport C for KONMAT 2: bøjningsarbejdslinie for stål*. Aalborg Universitet. R / Inst. for Bygningsteknik, Aalborg Universitetscenter

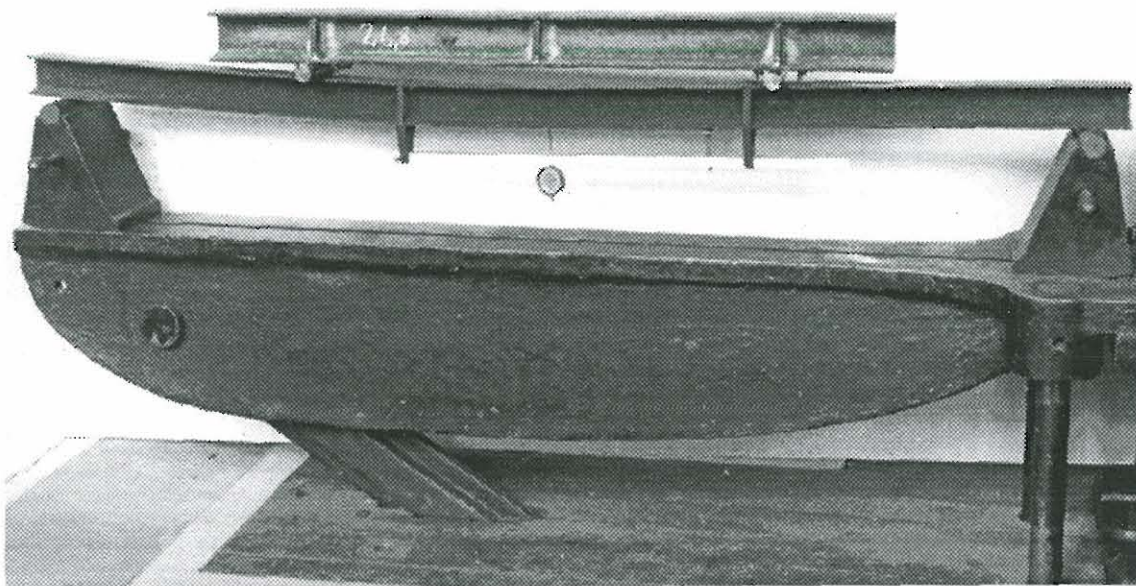
General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

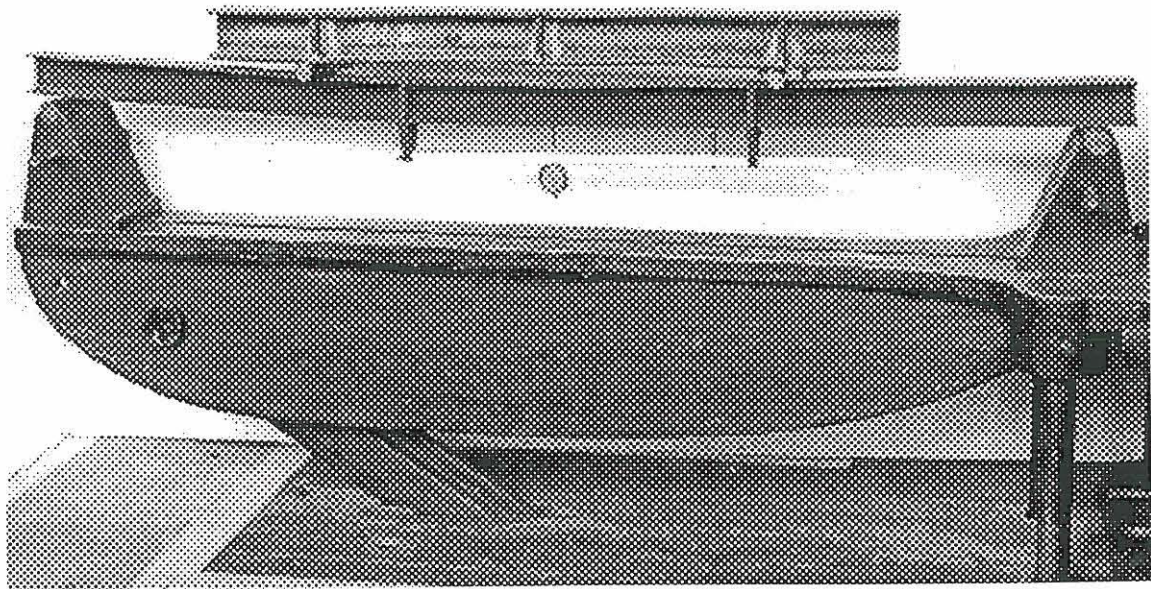
Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



DELRAPPORT C FOR KONMAT 2

BØJNING SARBEJDSLINIE FOR STÅL



DELRAPPORT C FOR KONMAT 2

FORSØG MED STÅLBJÆLKE

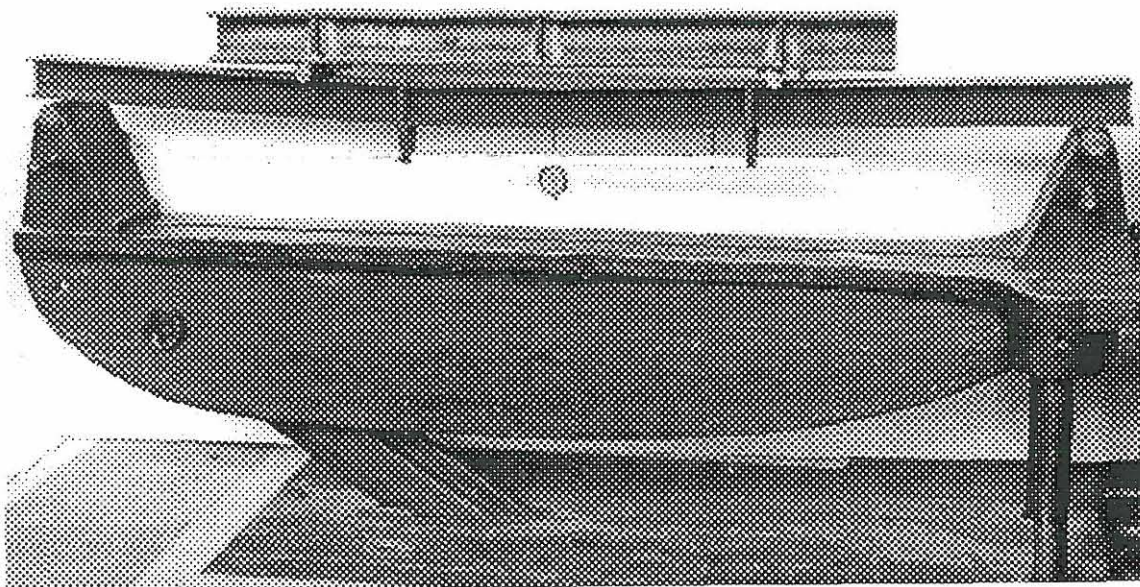
Indledning

Denne delrapport er udarbejdet af KONMAT 2 gruppen, som er et ud af 7 delnetværk i netværket "KONMAT", som står for "KONstruktioner og MATerialer". Gruppens medlemmer og arbejde er nøjere beskrevet i gruppens hovedrapport, hvortil der henvises.

Rapporten beskriver et enkelt ud af en større serie forsøg, der som led i et forskningsprojekt blev udført på det daværende Laboratoriet for Bygningsteknik, DTH, i begyndelsen af 1960'erne. Det beskrevne forsøg havde til formål at finde afhængigheden mellem krumninger og bøjningsmomenter i en I-bjælke, idet dette kendskab skulle benyttes i forbindelse med undersøgelser over shake-down af kontinuerlige bjælker.¹

¹ Se Dyrbye, Claës: Kontinuerlige, elasto-plastiske bjælker med gentagne, overkørende belastninger. Dissertation, København, 1969.

Bøjningsarbejdslinie



Stålbjælkers deformationer skyldes overvejende bøjningsmomenter, og deformationerne karakteriseres bedst ved hjælp af de fremkaldte krumninger. Ved påvirkninger, hvor spændingerne er under flydegrænsen, findes proportionalitet mellem momenterne og krumningerne. Når spændinger i bjælken når flydegrænsen, gælder proportionaliteten ikke mere, og bjælken får blivende krumninger. Efterfølgende aflastning viser først en lineær afhængighed mellem momentændringer og krumningsændringer, men ofte krummer billedet inden aflastningen er endt (Bauschinger-effekt).

I det foreslåede forsøg bestemmes en middelkrumning i en bjælke, der belastes, så der over en længere strækning er konstant bøjningsmoment. I den elastiske tilstand gælder det med god tilnærmelse, at krumningen har samme værdi på hele denne strækning, men når der sker flydning, dannes der et lokalt flydeled, og middelkrumningen bliver derfor en formel størrelse, hvis værdi afhænger af den benyttede metode til dens bestemmelse. Målingerne giver primært en god bestemmelse af bjælkens flydemoment og dernæst et indtryk af det hystereseffænomen, der gør sig gældende ved momenter med vekslende fortegn.

Fotografiet viser en forsøgsopstilling, der blev benyttet på Afdelingen for Bærende Konstruktioner, Danmarks tekniske Højskole i begyndelsen af 1960'erne. Prøvebjælkerne var bredflanget I profil nr. syv en halv. Prøvebjælken er simpelt understøttet med spændvidde 2000 mm på bordet af en prøvemaskine. På overflangen lægges 2 ruller med indbyrdes afstand 880 mm, således at hver af disse ruller - målt vandret - er 560 mm fra understøtningerne. En belastningsfordelende bjælke lægges op på rullerne, og på dens overside trykkes med en linielast midt mellem understøtningerne. Bortset fra helt uvæsentlige bidrag fra egenvægt bliver der konstant moment i den midterste zone af prøvebjælken.

Prøvemaskinen virker med øgning af nedbøjninger, hvilket er nødvendigt, når der indtræder flydning. Den virkende kraft skal kunne aflæses på prøvemaskinen.

På prøvebjælkens underside anbringes udstyr til krumningsmåling. Det består af en stang med et fast ben, der i to punkter berører bjælken og med et drejeligt ben, der i 1 punkt rører

bjælken. Afstanden mellem benene er $l = 600$ mm. Midt mellem benene er der et måleur, aflæsning i 1/100 mm. Stangen holdes op mod prøvebjælken med 2 gummisnore.

Ved bestemmelse af en gennemsnitsværdi for krumningen forudsættes den virkelige udbøjning erstattet af en cirkelbue med radius ρ . Afstanden mellem krumningsmålerens ben kaldes l . Hvis måleuret viser en bevægelse u , bestemmes krumningsradius af

$$u (2 \rho - u) = (l/2)^2$$

eller krumningen κ ved

$$\kappa = 8 u / l^2$$

idet $u \ll \rho$

Der blev belastet i trin med ca. 2,5 kN pr. trin i det elastiske område, derefter blev der valgt trin efter måleursvisning. Ved aflæsninger efter at flydning er indledt måles der dels umiddelbart efter at lastændring (d.v.s. når prøvemaskinens vandring standser), dels efter at måleuret er faldet nogenlunde til ro.

Aflastning foretages trinvis, og der aflæses på tilsvarende måde, som ved belastning. Hvis bjælkerne ikke er for deformerede, kan de drejes 180° om længdeaksen, og forsøget gentages.

Som eksempel er i bilag 1 vist kopi fra målebogsnotater fra et forsøg den 15. august 1962. P angiver den påførte kraft i kg (kraftkilogram), hvilket var den dengang benyttede enhed. u er måleuraflæsningen i mm, på måleuret var der delestreger svarende til hundrededel af en mm, så det tredje ciffer er baseret på et skøn. Efterfølgende udregnedes momenter i enheden kgcm og krumninger som cm^{-1} .

Hvis der korrigeres for det ret ubetydelige egenvægtsbidrag, bliver bøjningsmomentet mellem de punkter, hvor kraften overføres til den undersøgte bjælke

$$M = 6 + 0,28 P \text{ kgm}$$

Målingerne kunne ikke indledes, før der var påført en mindre kraft. udtrykket for krumningernes afhængighed af måleuraflæsningen antager derfor formen

$$\kappa = u / 4500 - \kappa_0 \text{ cm}^{-1}$$

hvor u indsættes i mm.

κ_0 skal bestemmes, så der for de indledende målinger bedst muligt findes en proportionalitet mellem krumninger og momenter, altså en afhængighed af formen

$$\kappa = B M$$

hvor B er fleksibiliteten.

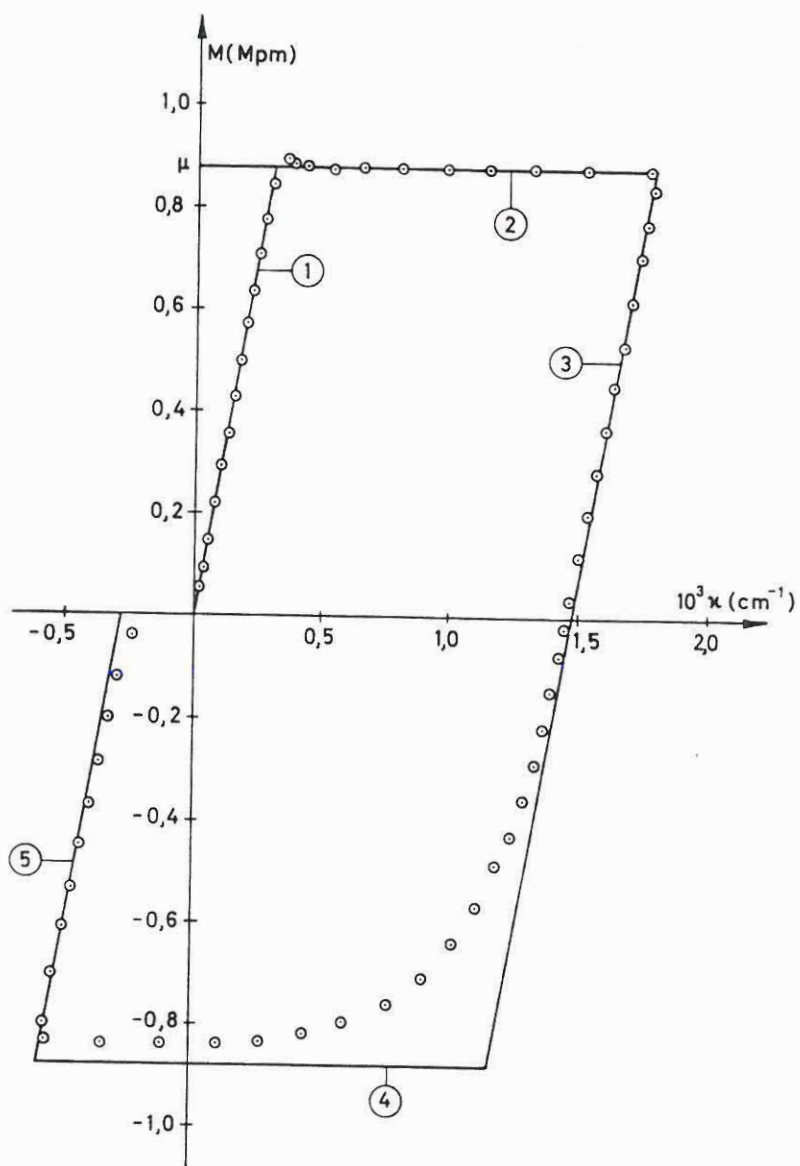
Bilag 1 viser, at når flydning indledes, er der en tendens til, at kraften falder, også selv om der er en mindre øgning af deformationerne. I de videre anvendelser af resultaterne er den initiale værdi benyttet, idet andre forsøg opererede med belastning, der varierede i position, således, at de maksimale momenter kun virkede over kortere tid.

På figur 1 er de bearbejdede observationspunkter indtegnet, og der er desuden indlagt følgende linier:

1. Bedst mulig tilpasning af den initiale proportionalitet mellem krumning og moment.
2. Bedst mulig angivelse af konstant moment μ ved plastiske deformationer.
3. Bedst mulig tilpasning af en linie parallel med linie 1 ved begyndende aflastning.
4. Vandret linie med numerisk samme moment som for linie 2.
5. Bedst mulig tilpasning af en linie parallel med linie 1 ved begyndende aflastning.

[illegible]

Refueling	max	used	galle	initial	ending
13 ²⁷	49	0,472	u	2981	2844
13 ²⁸	254	0,566	u	2972	2844
13 ³⁴	501	0,693	u	2985	2844
13 ³⁷	756	0,825	u	2980	2844
13 ⁴¹	1005	0,990	u	2972	2844
13 ⁴⁴	1250	1,17	u	2981	2844
13 ⁴⁷	1500	1,39	u	2981	2844
13 ⁵¹	1700	1,64	u	2981	2844
13 ⁵⁷	2000	1,95	u	2981	2844
14 ⁰³	2250	2,35	u	2981	2844
14 ⁰⁹	2500	2,91	u	2981	2844
14 ¹⁶	2680	3,50	u	2981	2844
14 ²⁴	2823	4,25	u	2981	2844
14 ³⁰	2904	5,00	u	2981	2844
14 ³⁸	2956	5,75	u	2981	2844
14 ⁴³	2973	6,50	u	2981	2844
14 ⁵²	2980	7,50	u	2981	2844



Eksempel på bøjningsarbejdslinie.
Bjælke nr. 31, prøve nr. 2.